

PAT-NO: JP411284219A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11284219 A

TITLE: TWO-WAVELENGTH END FACE LIGHT RECEIVING PHOTODIODE

PUBN-DATE: October 15, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
ISHII, HIROAKI	N/A

INT-CL (IPC): H01L031/10

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable an element to separately fetch the corresponding electric signals by itself by processing two kinds of light rays having different wavelengths.

SOLUTION: A two-wavelength end face light receiving photodiode is constituted by forming a photodiode which has a P-type diffusion region 10 and processes first light (

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-284219

(43)公開日 平成11年(1999)10月15日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 0 1 L 31/10

識別記号

F I  
H 0 1 L 31/10

D

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平10-86941

(22)出願日 平成10年(1998)3月31日

(71)出願人 000231073

日本航空電子工業株式会社  
東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号

(72)発明者 石井 宏明

東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号 日本  
航空電子工業株式会社内

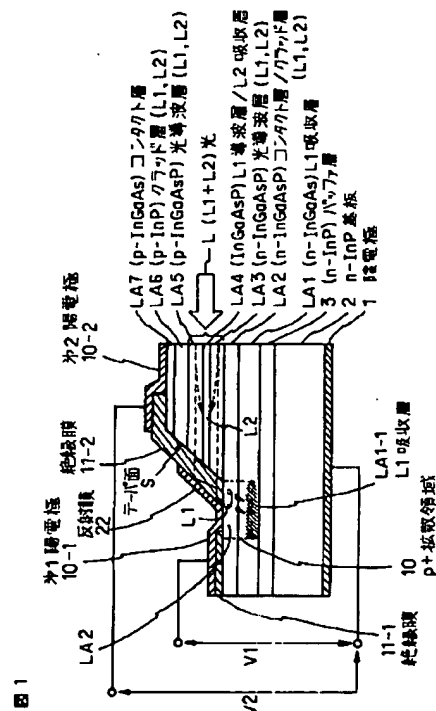
(74)代理人 弁理士 草野 卓 (外1名)

(54)【発明の名称】 2波長端面受光フォトダイオード

(57)【要約】

【課題】 1つの素子で異なる2つの波長の光を処理し、対応する電気信号を別々に取り出すことを可能にする。

【解決手段】 P<sup>+</sup>拡散領域21を有する第1の光( $\lambda_1$ )を処理するフォトダイオードが積層体の一方の半部に形成され、他方の半部に光導波層LA3、LA5に挟まれ、第2の光( $\lambda_2$ )を吸収する第4層LA4を有するフォトダイオードが形成される。素子端面から入射した光L2( $\lambda_2$ )は光吸収層LA4で吸収され光電変換されて信号電圧V2が得られ、同じ場所から入射した光L1( $\lambda_1$ )は光吸収層LA4で吸収されることなく、光導波層LA3、LA5及びLA4を通り抜け、後方の反射膜22で反射されてP<sup>+</sup>拡散領域に達し、L1吸収層LA1で吸収され光電変換されて信号電圧V1が得られる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 積層された半導体層の端面より波長の異なる第1の光と第2の光が入射する2波長端面受光フォトダイオードであって、

n型半導体基板の底面に、前記第1、第2の光の双方に対応する共通の陰電極が形成され、上面に、第1の光を吸収して光電変換するn型の第1半導体層(LA1)が形成され、

その第1半導体層の上面に、コンタクト層であり、かつ第2の光に対してクラッド層となるn型の第2半導体層(LA2)が形成され、

前記第1、第2半導体層の積層体を互いに隣接する第1、第2領域に区分したとき、その第1領域の一部または全部にP<sup>+</sup>拡散領域が形成され、

そのP<sup>+</sup>拡散領域の前記第2半導体層上に、第1の光に対応した第1陽電極が形成され、

前記第2領域の前記第2半導体層上に、第1、第2の光に対して光導波層となるn型の第3半導体層(LA3)が形成され、

その第3半導体層上に、第1の光に対して光導波層となり、第2の光を吸収して光電変換する第4半導体層(LA4)が形成され、

その第4半導体層上に、第1、第2の光に対して光導波層となるp型の第5半導体層(LA5)が形成され、

その第5半導体層上に、第1、第2の光に対してクラッド層となるp型の第6半導体層(LA6)が形成され、

その第6半導体層上に、コンタクト層となる第7半導体層(LA7)が形成され、

その第7半導体層上に、第2の光に対応した第2陽電極が形成され、

前記第3乃至第7半導体層の積層体の光入射端面と反対側の端面にテーパー面が形成され、そのテーパー面に第1の光を透過させる絶縁膜が形成され、

少くとも第3乃至第5半導体層の前記テーパー面に形成された前記絶縁膜上に、第1の光を前記P<sup>+</sup>拡散領域へ反射させる反射膜が形成されていることを特徴とする2波長端面受光フォトダイオード。

【請求項2】 請求項1において、前記反射膜が、前記第1陽電極より延長された電極であることを特徴とする2波長端面受光フォトダイオード。

【請求項3】 請求項1において、前記n型半導体基板がn型InP基板であり、前記第1半導体層がn型InGaAs層であり、前記第2、第3半導体層が互いに組成比の異なるn型InGaAsP層であり、前記第4半導体層がInGaAsP層であり、前記第5半導体層がp型InGaAsP層であり、前記第6半導体層がp型InP層であり、前記第7半導体層がp型InGaAs層であることを特徴とする2波長端面受光フォトダイオード。

【請求項4】 請求項1において、前記絶縁膜がSiO<sub>2</sub>

膜であることを特徴とする2波長端面受光フォトダイオード。

【請求項5】 請求項1において、前記n型半導体基板と第1半導体との間に、そのn型半導体基板と同じ複数の元素より成るn型のバッファ層が形成されていることを特徴とする2波長端面受光フォトダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は端面受光型フォトダイオードに関する。

【0002】

【従来の技術】従来の端面受光型フォトダイオードは図2に示すように、底面に陰電極1の形成されたn型InP基板2の上面にn型InPより成るバッファ層3が形成され、その上にn型InPより成るクラッド層4が形成され、その上にn型InGaAsPより成る光導波層5が形成され、その上にInGaAsより成る光吸収層6が形成される。光吸収層6上にp型InGaAsPより成る光導波層7が形成され、その上にp型InPより成るクラッド層8が形成され、その上にp型InGaAsより成るコンタクト層9が形成され、その上に陽電極10が形成される。この例ではコンタクト層9上の図において右端部を除く左端部及び中央部にSiO<sub>2</sub>より成る絶縁膜11が形成されているが、省略する場合もある。

【0003】光Lは積層体の図において右側より光吸収層6とその下側及び上側の光導波層5及び7の端面に入射され、光吸収層6で吸収されて光電変換される。光吸収層6内にpn接合が形成される。光電変換により対応する電圧が陰電極1と陽電極10との間に発生する。光吸収層6は、その禁制帯幅が光Lのエネルギーより大きいので光を吸収する性質がある。一方、光導波層5、7は、その禁制帯幅が光Lのエネルギーより小さいので光を透過させる性質がある。光導波層5とクラッド層4、及び光導波層7とクラッド層8は光ファイバのコアとクラッドにそれぞれ対応するもので、光導波層の屈折率は高く、クラッド層の屈折率は低く、光は光導波層とクラッド層との境界面で全反射され、クラッド層内に洩れないようにされている。光Lは光吸収層6と光導波層5、7内にとじ込められ、光吸収層6で吸収される。

【0004】この光を吸収し光電変換する動作は、積層体の図において右端部で大部分が行われるので、陽電極10は右端部のコンタクト層9と接触していればよい。また電流容量からも全面電極は必要でない。陽電極10を小さくすると共に陽電極の一部をコンタクト層9より離れた方が、陽電極10と陰電極1との間の静電容量が小さくなって好ましい。この例では左端部の陽電極を削除し、中央部のコンタクト層9と陽電極10との間に絶縁膜11を介在させ陽電極の静電容量に寄与する部分の面積を小さくしている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来の端面受光型フォトダイオードは、1波長の信号の光電変換を1つの素子で行っているため、2つの異なる波長の信号を処理するためには、独立した2つのフォトダイオードと、それらのフォトダイオードに光を導くための2つの光学系を使用する必要がある。

【0006】本発明は、1つの素子で異なる2つの波長の光を処理して、別々に対応する電気信号を取り出すことが出来る構造を有する端面受光型フォトダイオードを 10 実現させることを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】(1)請求項1の発明は、積層された半導体層の端面より波長の異なる第1の光と第2の光が入射する2波長端受光フォトダイオードに関する。n型半導体基板の底面に前記第1、第2の光の双方に対応する共通の陰電極が形成され、上面に第1の光を吸収して光電変換するn型の第1半導体層(LA1)が形成され、その第1半導体層の上面にコンタクト層であり、かつ第2の光に対してクラッド層となるn型 20 の第2半導体層(LA2)が形成される。

【0008】第1、第2半導体層の積層体を互いに隣接する第1、第2領域に区分したとき、その第1領域の一部または全部にP<sup>+</sup>拡散領域が形成され、そのP<sup>+</sup>拡散領域の第2半導体層上に第1の光に対応した第1陽電極が形成される。第2領域の第2半導体層上に第1、第2の光に対して光導波層となるn型の第3半導体層(LA3)が形成され、その第3半導体層上に第1の光に対して光導波層となり、第2の光を吸収して光電変換する第4半導体層(LA4)が形成され、その第4半導体層上 30 に第1、第2の光に対して光導波層となるp型の第5半導体層(LA5)が形成される。

【0009】その第5半導体層上に第1、第2の光に対してクラッド層となるp型の第6半導体層(LA6)が形成され、その第6半導体層上にコンタクト層となる第7半導体層(LA7)が形成され、その第7半導体層上に第2の光に対応した第2陽電極が形成される。第3乃至第7半導体層の積層体の光入射端面と反対側の端面にテーパー面が形成され、そのテーパー面に第1の光を透過させる絶縁膜が形成される。

【0010】少くとも第3乃至第5半導体層の前記テーパー面に形成された絶縁膜上に第1の光を前記P<sup>+</sup>拡散領域へ反射させる反射膜が形成される。

(2)請求項2の発明では、前記(1)において、反射膜が、第1陽電極より延長された電極で構成される。

(3)請求項3の発明では、前記(1)において、n型半導体基板がn型InP基板であり、第1半導体層がn型InGaAs層であり、第2、第3半導体層が互いに組成比の異なるn型InGaAsP層であり、第4半導体層がInGaAsP層であり、第5半導体層がp型I 50

nGaAsP層であり、第6半導体層がp型InP層であり、第7半導体層がp型InGaAs層とされている。

【0011】(4)請求項4の発明では、前記(1)において、絶縁膜がSiO<sub>2</sub>膜とされる。

(5)請求項5の発明では、前記(1)において、n型半導体基板と第1半導体層との間に、そのn型半導体基板と同じ複数の元素より成るn型のバッファ層が形成される。

【0012】

【発明の実施の形態】この発明は、図1に示すように積層された半導体層の端面より波長の異なる第1の光L1と第2の光L2が入射する2波長端受光フォトダイオードに係わる。n型半導体基板2の底面に第1、第2の光の双方に対応する共通の陰電極1が形成され、上面に第1の光L1を吸収して光電変換するn型の第1半導体層LA1が形成され、その第1半導体層LA1の上面にコンタクト層であり、かつ第2の光L2に対してクラッド層となるn型の第2半導体層LA2が形成される。

【0013】第1、第2半導体層LA1、LA2の積層体を互いに隣接する第1領域(図の左側)、第2領域(図の右側)に区分したとき、その第1領域の一部または全部にP<sup>+</sup>拡散領域21が形成され、そのP<sup>+</sup>拡散領域21の第2半導体層LA2上に第1の光に対応した第1陽電極10-1が形成される。第2領域の第2半導体層LA2上に第1、第2の光に対して光導波層となるn型の第3半導体層LA3が形成され、その第3半導体層上に第1の光に対して光導波層となり、第2の光を吸収して光電変換する第4半導体層LA4が形成され、その第4半導体層上に第1、第2の光L1、L2に対して光導波層となるp型の第5半導体層LA5が形成される。

【0014】その第5半導体層LA5上に第1、第2の光に対してクラッド層となるp型の第6半導体層LA6が形成され、その第6半導体層LA6上にコンタクト層となる第7半導体層LA7が形成され、その第7半導体層LA7上に第2の光L2に対応した第2陽電極10-2が形成される。第3乃至第7半導体層の積層体の光入射端面と反対側の端面にテーパー面Sが形成され、そのテーパー面Sに第1の光を透過させる例えばSiO<sub>2</sub>製の絶縁膜11-2が形成される。

【0015】少くとも第3乃至第5半導体層LA3~LA5の前記テーパー面Sに形成された絶縁膜11-2上に第1の光を前記P<sup>+</sup>拡散領域へ反射させる金属製の反射膜22が形成される。図1の例では反射膜22として第1陽電極10-1より延長された電極を用いている(請求項2)。絶縁膜11-2は第7半導体層LA7の左半部上まで延長され、第2陽電極10-2の左半部はその絶縁膜11-2上に形成される。この例では第2半導体層LA2の左端部上に例えばSiO<sub>2</sub>製の絶縁膜11-1が形成され、その上に第1陽電極10-1が延長形成

されている。しかし絶縁膜11-1を省略する場合もある。

【0016】図1の例ではn型半導体基板2がn型InP基板であり、半導体層LA1がn型InGaAs層であり、第2、第3半導体層LA2、LA3が互いに組成比の異なるn型InGaAsP層であり、第4半導体層LA4がInGaAsP層であり、第5半導体層LA5がp型InGaAsP層であり、第6半導体層LA6がp型InP層であり、第7半導体層LA7がp型InGaAs層である（請求項3）。

【0017】図1の例ではn型半導体基板（n-InP）2と第1半導体層LA1との間に、n型半導体基板2と同じ複数の元素より成るn型のバッファ層3（n-InP）が形成されている（請求項5）。しかしこのバッファ層3は省略してもよい。第4半導体層LA4は、その禁制帯幅が第1の光のエネルギーより小さく、第2の光のエネルギーより大きいので、第1の光を透過し、第2の光を吸収する。第3半導体層LA3及び第5半導体層LA5は各々の禁制帯幅が第1、第2の光のエネルギーより小さいので、第1、第2の光を透過させる。第2の光は第4半導体層LA4で吸収されて光電変換され、第1の光はLA4で吸収されることなく、絶縁膜11-2と反射膜22（第1陽電極10-1）との境界まで達し、そこで反射されてP<sup>+</sup>拡散領域21に達する。P<sup>+</sup>拡散領域21の第1半導体層LA1-1は、その禁

制帯幅が第1の光のエネルギーより大きいので、第1の光を吸収して光電変換する。

【0018】クラッド層となる第2半導体層LA2の屈折率は光導波層である第3半導体層LA3の屈折率より小さく、光L（L1+L2）はLA2とLA3との界面で全反射され、LA2内部に洩れないようにしている。同様にクラッド層となる第6半導体層LA6の屈折率は光導波層である第5半導体層LA5の屈折率より小さく、光L（L1+L2）はLA5とLA6との界面で全反射され、LA6内部に洩れないようにしている。

10

【0019】第1の光は第1半導体層LA1で吸収され光電変換され、対応する電圧V1が陰電極1と第1陽電極10-1との間に発生する。また第2の光は第4半導体層LA4で吸収され光電変換され、対応する電圧V2が陰電極1と第2陽電極10-2との間に発生する。

【0020】

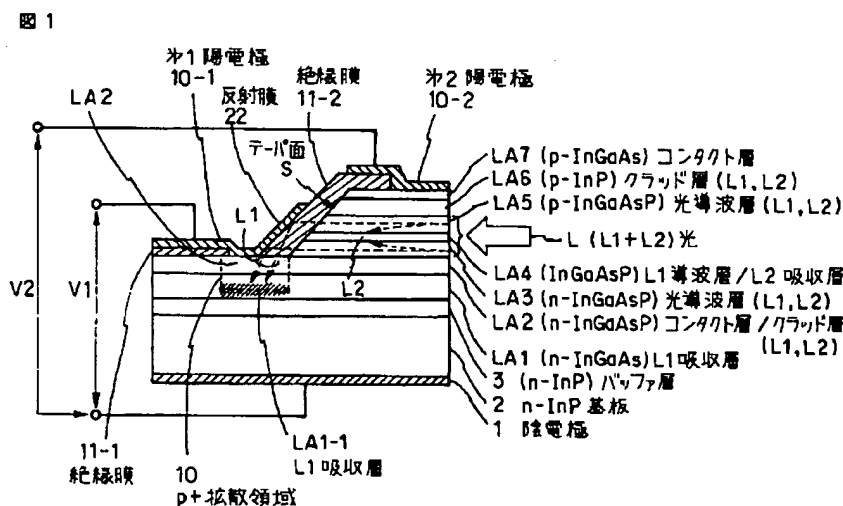
【発明の効果】この発明では、異なる2種類の波長の光を1つのフォトダイオードで処理し、対応する電気信号を別々に取り出す構造をもたせることにより、従来2つのフォトダイオードとそこに光を導くための2つの光学系を必要としたのを、ほぼ1/2の部材で構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例を示す縦断面図。

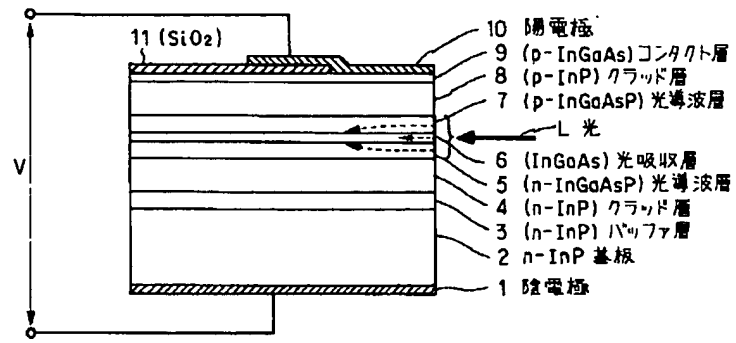
【図2】従来の端面受光フォトダイオードの縦断面図。

【図1】



【図2】

図 2



\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to an end-face light-receiving mold photodiode.

[0002]

[Description of the Prior Art] The buffer layer 3 which consists of the n mold InP is formed in the top face of the n mold InP substrate 2 with which the cathode 1 was formed in the base as the conventional end-face light-receiving mold photodiode was shown in drawing 2  $R > 2$ , the cladding layer 4 which consists of the n mold InP on it is formed, the lightguide 5 which consists of the n mold InGaAsP on it is formed, and the light absorption layer 6 which consists of InGaAs on it is formed. The lightguide 7 which consists of the p mold InGaAsP is formed on the light absorption layer 6, the cladding layer 8 which consists of the p mold InP on it is formed, the contact layer 9 which consists of the p mold InGaAs on it is formed, and the positive electrode 10 is formed on it. At this example, it is SiO<sub>2</sub> to the left end section and the center section on the contact layer 9 excluding [ on drawing and ] the right end section. It may omit, although the insulator layer 11 which changes is formed.

[0003] In drawing of a layered product, incidence of the light L is carried out to the end face of the lightguides 5 and 7 of the light absorption layer 6, its bottom, and a top from right-hand side, and photo electric conversion is absorbed and carried out in the light absorption layer 6. Pn junction is formed in the light absorption layer 6. The electrical potential difference which corresponds by photo electric conversion occurs between a cathode 1 and the positive electrode 10. Since the forbidden-band width of face is larger than the energy of Light L, the light absorption layer 6 has the property which absorbs light. On the other hand, since the forbidden-band width of face is smaller than the energy of Light L, lightguides 5 and 7 have the property to make light penetrate. The refractive index of a lightguide is high and the refractive index of a cladding layer is low, and total reflection of the light is carried out in the interface of a lightguide and a cladding layer, and he is trying for a lightguide 5, a cladding layer 4, and a lightguide 7 and a cladding layer 8 to correspond to the core and clad of an optical fiber, respectively, and not to leak in a cladding layer. Light L is shut up in the light absorption layer 6, a lightguide 5, and 7, and is absorbed in the light absorption layer 6.

[0004] Since, as for the actuation which absorbs and carries out photo electric conversion of this light, most is performed in the right end section in drawing of a layered product, the positive electrode 10 should just touch the contact layer 9 of the right end section. Moreover, a whole surface electrode is not required from current capacity. The direction which detached some positive electrodes from the contact layer 9 while making the positive electrode 10 small becomes [ the electrostatic capacity between the positive electrode 10 and a cathode 1 ] small and is desirable. In this example, the positive electrode of the left end section is deleted and area of the part which an insulator layer 11 is made to intervene between the contact layer 9 of a center section and the positive electrode 10, and contributes to the electrostatic capacity of a positive electrode is made small.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Since photo electric conversion of one wave of signal is

performed with one component, in order to process the signal of two different wavelength, two optical system for leading light to two independent photodiodes and those photodiodes needs to be used for the conventional end-face light-receiving mold photodiode.

[0006] This invention processes the light of two wavelength which is different with one component, and aims at realizing the end-face light-receiving mold photodiode which has the structure which can take out the electrical signal which corresponds separately.

[0007]

[Means for Solving the Problem] (1) Invention of claim 1 relates to the two-wave edge light-receiving photodiode in which the 1st light from which wavelength differs from the end face of the semi-conductor layer by which the laminating was carried out, and the 2nd light carry out incidence. The common cathode corresponding to the both sides of said 1st and 2nd light is formed in the base of a n-type-semiconductor substrate, the 1st semi-conductor layer (LA1) of n mold which absorbs and carries out photo electric conversion of the 1st light is formed in a top face, it is a contact layer and the 2nd semi-conductor layer (LA2) of n mold which serves as a cladding layer to the 2nd light is formed in the top face of the 1st semi-conductor layer.

[0008] When the layered product of the 1st and 2nd semi-conductor layer is classified into the 1st and 2nd field which adjoins mutually, it is P+ to some or all of the 1st field. A diffusion field is formed and it is the P+. The 1st positive electrode corresponding to the 1st light is formed on the 2nd semi-conductor layer of a diffusion field. The 3rd semi-conductor layer (LA3) of n mold which serves as a lightguide to the 1st and 2nd light is formed on the 2nd semi-conductor layer of the 2nd field. It becomes a lightguide to the 1st light on the 3rd semi-conductor layer, the 4th semi-conductor layer (LA4) which absorbs and carries out photo electric conversion of the 2nd light is formed, and the 5th semi-conductor layer (LA5) of p mold which serves as a lightguide to the 1st and 2nd light is formed on the 4th semi-conductor layer.

[0009] The 6th semi-conductor layer (LA6) of p mold which serves as a cladding layer to the 1st and 2nd light is formed on the 5th semi-conductor layer, the 7th semi-conductor layer (LA7) used as a contact layer is formed on the 6th semi-conductor layer, and the 2nd positive electrode corresponding to the 2nd light is formed on the 7th semi-conductor layer. A taper side is formed in the optical incidence end face of the layered product of the 3rd thru/or the 7th semi-conductor layer, and the end face of the opposite side, and the insulator layer which makes the taper side penetrate the 1st light is formed.

[0010] It is the 1st light on the insulator layer formed in said taper side of the 3rd thru/or the 5th semi-conductor layer at least Said P+ The reflective film reflected in a diffusion field is formed.

(2) In the above (1), the reflective film is constituted from invention of claim 2 by the electrode extended from the 1st positive electrode.

(3) In invention of claim 3, a n-type-semiconductor substrate is an n mold InP substrate in the above (1). The 1st semi-conductor layer is an n mold InGaAs layer, and the 2nd and 3rd semi-conductor layer is an n mold InGaAsP layer from which a presentation ratio differs mutually. The 4th semi-conductor layer is an InGaAsP layer, the 5th semi-conductor layer is a p mold InGaAsP layer, and the 6th semi-conductor layer is a p mold InP layer, and let the 7th semi-conductor layer be a p mold InGaAs layer.

[0011] (4) Set above (1) in invention of claim 4, and an insulator layer is SiO<sub>2</sub>. It considers as the film.

(5) In invention of claim 5, the buffer layer of n mold which consists of two or more same elements as the n-type-semiconductor substrate between a n-type-semiconductor substrate and the 1st semi-conductor layer is formed in the above (1).

[0012]

[Embodiment of the Invention] This invention relates to the two-wave edge light-receiving photodiode in which the 1st light L1 from which wavelength differs from the end face of the semi-conductor layer by which the laminating was carried out as shown in drawing 1 , and the 2nd light L2 carry out incidence. The common cathode 1 corresponding to the both sides of the 1st and 2nd light is formed in the base of the n-type-semiconductor substrate 2. The 1st semi-conductor layer LA 1 of n mold which absorbs and carries out photo electric conversion of the 1st light L1 is formed in a top face, it is a contact layer and the 2nd semi-conductor layer LA 2 of n mold which serves as a cladding layer to the 2nd light



L2 is formed in the top face of the 1st semi-conductor layer LA 1.

[0013] When the layered product of the 1st and 2nd semi-conductor layers LA1 and LA2 is classified into the 1st field (left-hand side of drawing) and the 2nd field (right-hand side of drawing) which adjoin mutually, It is P+ to some or all of the 1st field. The diffusion field 21 is formed and it is the P+. The 1st positive electrode 10-1 corresponding to the 1st light is formed on the 2nd semi-conductor layer LA 2 of the diffusion field 21. The 3rd semi-conductor layer LA 3 of n mold which serves as a lightguide to the 1st and 2nd light is formed on the 2nd semi-conductor layer LA 2 of the 2nd field. It becomes a lightguide to the 1st light on the 3rd semi-conductor layer, the 4th semi-conductor layer LA 4 which absorbs and carries out photo electric conversion of the 2nd light is formed, and the 5th semi-conductor layer LA 5 of p mold which serves as a lightguide to the 1st and 2nd light L1 and L2 is formed on the 4th semi-conductor layer.

[0014] The 6th semi-conductor layer LA 6 of p mold which serves as a cladding layer to the 1st and 2nd light is formed on the 5th semi-conductor layer LA 5, the 7th semi-conductor layer LA 7 used as a contact layer is formed on the 6th semi-conductor layer LA 6, and the 2nd positive electrode 10-2 corresponding to the 2nd light L2 is formed on the 7th semi-conductor layer LA 7. SiO<sub>2</sub> which the taper side S is formed [ SiO ] in the optical incidence end face of the layered product of the 3rd thru/or the 7th semi-conductor layer, and the end face of the opposite side, and makes the taper side S penetrate the 1st light The insulator layer 11-2 of make is formed.

[0015] It is the 1st light on the insulator layer 11-2 formed in said taper side S of the 3rd thru/or the 5th semi-conductor layers LA3-LA5 at least Said P+ The metal reflective film 22 reflected in a diffusion field is formed. In the example of drawing 1 , the electrode extended from the 1st positive electrode 10-1 as reflective film 22 is used (claim 2). An insulator layer 11-2 is extended on the left half part of the 7th semi-conductor layer LA 7, and the left half part of the 2nd positive electrode 10-2 is formed on the insulator layer 11-2. At this example, it is SiO<sub>2</sub> on the left end section of the 2nd semi-conductor layer LA 2. The insulator layer 11-1 of make is formed, and extended formation of the 1st positive electrode 10-1 is carried out on it. However, an insulator layer 11-1 may be omitted.

[0016] In the example of drawing 1 , the n-type-semiconductor substrate 2 is an n mold InP substrate, and the semi-conductor layer LA 1 is an n mold InGaAs layer. The 2nd and 3rd semi-conductor layers LA2 and LA3 are n mold InGaAsP layers from which a presentation ratio differs mutually. The 4th semi-conductor layer LA 4 is an InGaAsP layer, the 5th semi-conductor layer LA 5 is a p mold InGaAsP layer, the 6th semi-conductor layer LA 6 is a p mold InP layer, and the 7th semi-conductor layer LA 7 is a p mold InGaAs layer (claim 3).

[0017] In the example of drawing 1 , the buffer layer 3 (n-InP) of n mold which consists of two or more same elements as the n-type-semiconductor substrate 2 is formed between the n-type-semiconductor substrate (n-InP) 2 and the 1st semi-conductor layer LA 1 (claim 5). However, this buffer layer 3 may omit. Since the forbidden-band width of face is smaller than the 1st luminous energy and larger than the 2nd luminous energy, the 4th semi-conductor layer LA 4 penetrates the 1st light, and absorbs the 2nd light. Since each forbidden-band width of face is smaller than the 1st and 2nd luminous energy, the 3rd semi-conductor layer LA 3 and the 5th semi-conductor layer LA 5 make the 1st and 2nd light penetrate. By absorbing and carrying out photo electric conversion of the 2nd light in the 4th semi-conductor layer LA 4, the 1st light is attained to the boundary of an insulator layer 11-2 and the reflective film 22 (the 1st positive electrode 10-1), without being absorbed by LA4, and it is reflected there, and is P+. The diffusion field 21 is arrived at. P+ Since the forbidden-band width of face is larger than the 1st luminous energy, the 1st semi-conductor layer LA 1-1 of the diffusion field 21 absorbs and carries out photo electric conversion of the 1st light.

[0018] The refractive index of the 2nd semi-conductor layer LA 2 used as a cladding layer is smaller than the refractive index of the 3rd semi-conductor layer LA 3 which is a lightguide, and total reflection of the light L (L1+L2) is carried out by the interface of LA2 and LA3, and he is trying not to leak to the LA2 interior. The refractive index of the 6th semi-conductor layer LA 6 which turns into a cladding layer similarly is smaller than the refractive index of the 5th semi-conductor layer LA 5 which is a lightguide, and total reflection of the light L (L1+L2) is carried out by the interface of LA5 and LA6,